

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-123886

(43)公開日 平成6年(1994)5月6日

(51)Int.Cl.*

C 0 2 F 1/1337
B 0 1 J 19/00

識別記号

厅内整理番号
9225-2K
N 9151-4G

F I

技術表示箇所

(21)出願番号

特願平4-272748

(22)出願日

平成4年(1992)10月12日

(71)出願人

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者

日暮 実治

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者

浮田 宏生

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者

丸野 透

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(74)代理人

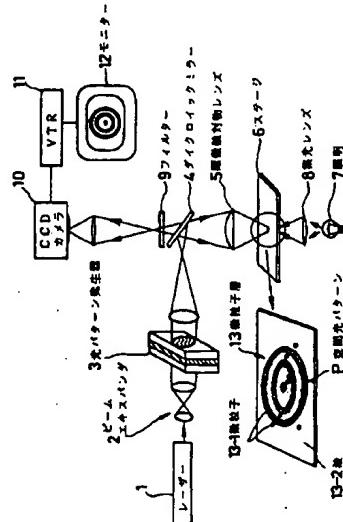
弁理士 磐野 道造

(54)【発明の名称】微粒子の配列制御方法

(57)【要約】

【目的】 単分子などの微粒子を複数同時に操作できるようにし、また複数の微粒子を2次元空間内で選択的に配列制御できるようにする。

【構成】 微粒子の配列制御方法を、均一あるいは寸法、形状、屈折率の異なる微粒子13-1を層状に形成する工程と、この層状の微粒子13-1を光パターン発生器3からの空間光パターンPに基づく光トラップ力により面内に選択的に配列する工程と、この微粒子の面内パターン配列を凍結や紫外線硬化樹脂などで固定する工程から構成する。光強度が2次元的に制御された空間光パターンに基づくトラップ力により微粒子が移動し、複数の微粒子を同時に操作し、任意のパターンに配列制御することができる。



1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】微粒子を層状に形成する工程と、この層状の微粒子を空間光パターンに基づく光トラップ力により面内に選択的に配列する工程と、この微粒子の面内パターン配列を固定する工程とからなることを特徴とする微粒子の配列制御方法。

【請求項2】有機分子を層状に形成する工程と、この層状の有機分子を空間光パターンに基づく光トラップ力により面内に選択的に配列する工程と、この有機分子の面内パターン配列を圧縮あるいは温度制御により固定する工程と、これら工程を繰り返すことにより、前記面内パターンを立体配列する工程とからなることを特徴とする微粒子の配列制御方法。

【請求項3】微粒子を層状に形成する工程と、この層状の微粒子を空間光パターンに基づく光トラップ力で静電力あるいは温度制御を組み合わせた複合化法により面内に選択的に配列する工程と、この面内パターン配列を固定する工程とからなることを特徴とする微粒子の配列制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、単分子膜、液晶などを構成する微粒子を光学的手法により配列制御する微粒子の配列制御方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】これまで、微粒子のレーザーマニピュレーションは、個々の細胞や微粒子など单一微粒子を対象とし、空中、液中で行われてきた（佐藤俊一、稻場文男：レーザーピンセットによる微粒子、微生物操作、光学、19, PP.513~514、1990）。図4は单一微粒子の光トラップ原理図であり、微粒子にレーザービームを照射すると、光の屈折と反射が起こる際の運動量の変化により光トラップ力Fが発生し、この光トラップ力をピンセットとして利用するものである。このような光操作方法は、これまでのメカニカルな手法に比べて非接触で非破壊的な遠隔操作を行うことができるという特徴を有している。

【0003】一方、これまで有機分子の特徴を生かした分子素子やバイオ素子の実現には、有機分子を設計・合成し、いかに秩序正しく並べるかが重要となっていた。図5は従来の単分子膜（LB膜）作成のモデル図であり、①单分子ドメイン50を固定パリヤー51内の液面上に浮かべ、②可動パリヤー52による圧縮で单分子ドメイン50のエッジを接触させ、③单分子ドメイン50を連続させる、という過程を経て均一な单分子膜が作成される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のレーザーマニピュレーションでは单一の微粒子しか操作することができず、操作性、生産性が悪いという問題が

ある。また、従来の単分子膜の作成方法では、厚さ方向に対しては配列制御が可能であるが、面内方向に配列制御することは困難であり、面内では一種類の膜物質のみしか存在せず、均一な薄膜が形成されてきた。また、同一面内に二種類以上の膜物質を存在させた例はあるが、形成後の薄膜は二種類以上の物質がランダムに混ざり合った構造となり、面内での構造制御は不可能であった。面内方向での配列制御は、将来個々の分子の特性を充分に発揮せたり、現在の半導体素子のように集積化したりするためには必要不可欠の技術である。

【0005】この発明は、前述のような問題点を解消すべくなされたもので、その目的は、微粒子を複数同時に操作することができると共に、複数の微粒子を2次元空間内で選択的に配列制御することのできる微粒子の配列制御方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】この発明は前記目的を達成するために、光の並列性を生かし、光トラップ力を空間的に制御することによって、微粒子を2次元空間パターン上に配列することを最も主要な特徴とする。具体的には、微粒子の配列制御方法を、均一な微粒子または寸法、形状もしくは屈折率の異なる微粒子（無機・有機材料など）を層状に形成する工程と、この層状の微粒子を空間光パターンに基づく光トラップ力により面内に選択的に配列する工程と、この微粒子の面内パターン配列を凍結や紫外線硬化樹脂などで固定する工程とから構成する。層状に形成する方法としては、液中の物質濃度を制御し、液層の厚さで層厚さを制御する方法や、気液界面上の展開膜を利用する方法がある。

【0007】また、微粒子が有機分子の場合には、均一な有機分子または寸法、形状もしくは屈折率の異なる有機分子を層状に形成する工程と、この層状の有機分子を空間光パターンに基づく光トラップ力により面内に選択的に配列する工程と、この有機分子の面内パターン配列を圧縮あるいは温度制御により固定する工程と、これら工程を繰り返すことにより、前記面内パターンを立体配列する工程とから構成する。

【0008】さらに、面内パターンの制御性を良くするためには、パターン構造体やパターン立体構造体の面内配列工程において、空間光パターンに基づく光トラップ力で静電力あるいは温度制御を組み合わせた複合化法を使用する。

【0009】

【作用】層状に形成された微粒子は、空間光操作手法により任意の2次元空間パターン上に配列制御され、このパターンが固定、保持される。この空間光操作手法は、コヒーレント性に優れたレーザービームを利用し、その微粒子を光のポテンシャルの井戸に捕捉することを原理としている。レーザー光が微粒子に与える力（光圧）は、微粒子と媒質の屈折率差によって光の屈折と反射が

起る際、光の場の運動量変化が微粒子の力学的な運動量として伝達されて発生する。その結果、光の場に置かれた微粒子は、その屈折率が周囲の媒質の屈折率より大きい場合、光強度が最大である所に引き寄せられ、屈折率が小さい場合、押し退けられる力を受ける。さらに、光強度を空間的に制御すること（空間光パターン）によって、複数微粒子を任意のパターンに配列制御することが可能となる。

【0010】寸法、形状もしくは屈折率の異なる微粒子の混合物の場合、光トラップ力には寸法・形状・屈折率依存性があるため、それぞれの微粒子を分離して配列制御することができる。有機分子の場合には、気液界面上の展開膜を利用し、空間光パターンで配列制御された単分子膜を圧縮固定し、あるいは温度制御により固定し、基板上に移し取る。さらに、この1層膜の移し取りを繰り返し、複数層累積することにより、立体配列の構造体を得ることができる。また、光トラップ力の他に、静電力あるいは温度制御を組み合わせて配列制御を行うことにより、パターン配列の制御性が良くなり、高品質の構造体を得ることができる。

【0011】

【実施例】以下、この発明を図示する実施例に基づいて詳細に説明する。図1はこの発明の第1実施例を示す概略斜視図、図2はこの発明の第2実施例を示す概略断面図、図3はこの発明の第3実施例を示す概略断面図である。

【0012】〔実施例1〕これは、図1に示すように、光パターン発生器を用いて微粒子を面内に配列制御する例である。配列制御装置は、レーザー1、ビームエキスパンダ2、光パターン発生器3、ダイクロイックミラー4、顕微鏡対物レンズ5、ステージ6から構成し、レーザー1からのビームをエキスパンダ2で拡大し、光パターン発生器3で光強度を2次元的に制御し、このパターン制御されたレーザービームをダイクロイックミラー4で反射し、ステージ6上に集光させる。

【0013】ステージ6上には、微粒子13-1を液13-2に分散させて微粒子層13を形成する。また、観察用として照明7、集光レンズ8、フィルター9、CCDカメラ10、VTR11、モニター12を付加し、ステージ6上の微粒子13-1の配列状況を観測できるようになる。

【0014】レーザー1は、パルス発振、連続発振のどちらでもよい。また、波長も特に制限はないが、微粒子13の吸収による損傷などを考えると、近赤外域のYAGレーザーなどを用いた方がよい。光パターン発生器3としては、干渉計、マスク（ガラスマスク、位相シフトマスク）あるいは空間光変調器（液晶など）を使用できる。

【0015】以上のような構成において、次のように配列制御を行う。

(1) 微粒子13-1を液13-2中に分散させ、微粒子13-1の濃度を制御し、液層の厚さを制御することにより、所定の微粒子層13を得る。

(2) このような微粒子層13にレーザービームを照射する。レーザービームは光強度が2次元的に制御され、微粒子層13に空間光パターンPが形成される。この空間光パターンPに基づく光トラップ力により、微粒子13-1が面内を移動し、空間光パターンPの形の通りに配列する。

10 【0016】ここで、微粒子13-1は寸法・形状・屈折率の均一なものに限らない。寸法・形状の異なる微粒子の混合物の場合、トラップ力の寸法・形状依存性によってそれぞれの微粒子を分離して選択的に配列制御することができる。また、1種類の微粒子だけでなく、2種類以上の微粒子に対しても、トラップ力の屈折率依存性があり、選択的な配列制御が可能である。

【0017】(3) 照射しているレーザー光を消すと、この光によって形成された構造体は、再びランダムな状態に戻ってしまうが、温度低下による凍結あるいは紫外線硬化樹脂などで前記構造体を保持・固定する。なお、対象とする微粒子としては、有機材料、分子膜、液晶、C60などが可能である。

【0018】〔実施例2〕これは、図2に示すように、気液界面に膜状に配置した有機分子を配列制御する例である。配列制御装置は、実施例1と同様にレーザー1、光パターン発生器3、ダイクロイックミラー4、顕微鏡対物レンズ5、ステージ6から構成する。単分子14は水槽15内の液面上に配置し、水槽15内には可動パリヤー17、表面圧力センサー18を設置する。照明には、水銀ランプ19を使用し、ダイクロイックミラー20を介して上から光を当てる。カメラには、SITカメラ（高感度撮像管）21やイメージインテンシファイアを採用した高感度CCDカメラを用いることにより、単分子14のドメイン形態を直接蛍光観察することができる。

【0019】なお、ステージ6はモーター22、モーターコントローラー23、コンピューター24によりXY平面上に移動可能とされている。また、可動パリヤー17は、表面圧力センサー18からの検出信号に基づいてフィルムバランスコントローラー25により制御され、後述する基板16はリフトコントローラー26により制御される。

【0020】以上のような構成において、次のように有機分子の配列制御を行う。

- (1) 単分子14を水槽15の液面上に膜状に配置する。
- (2) このような単分子膜にレーザービームを照射する。空間光パターンPによる配列の原理、手順は実施例1と同様である。

(3) 配列制御した単分子膜は、可動パリヤー17で配列固定し、水面上の膜の構造を変えないように基板16上

に移し取る。

【0021】(4) この1層膜の移し取りを繰り返し、複数層累積する。累積方法は、基板16を膜面に水平に接触させる水平付着法や、基板16を膜面に僅かに傾斜させて沈めておき、基板16を上方に引き上げて膜を累積する傾斜累積法が有効である。この累積工程を繰り返すことにより薄膜を厚み方向へ成長させ、立体配列を実現することができる。

【0022】〔実施例3〕これは、図3に示すように、実施例2における光トラップ力に静電力と温度制御を組み合わせた例である。光トラップ力の他に高周波電界を用いた電気泳動力・誘電泳動力により微粒子を操作する。図3の単分子14の場合、水槽15内には微小電極30と底部電極31を配置し、針状電極のような微小電極30が作る局所的な電界により単分子14を移動させれる。

【0023】また、温度制御することにより、ミクロブルーン運動の影響を小さくすることができ、さらに配列後、熱処理することにより高品質の単分子膜が作成できる。図3では、水槽15の裏蓋には恒温水槽32からの恒温水33を循環させ、温度を制御する。

【0024】このような空間光トラップ力・静電力・温度制御を組み合わせた複合化法においては、非常に制御性の高い配列を行うことができ、良好な配列の単分子膜を得ることができる。また、実施例2で述べたように、可動バリヤー17で配列固定し、基板16に累積を繰り返すことにより、配列の良好な立体配列を得ることができる。

【0025】

【発明の効果】前述の通り、この発明は、層状の微粒子を空間光パターンに基づく光トラップ力により選択的に面内に配列し、これを固定するようにしたため、従来の单一の微粒子操作から複数の微粒子の同時操作を容易に行うことができ、操作性、生産性を大きく改善できる。また、單一あるいは混合物の微粒子を面内において選択的に配列制御することができると共に、積層を繰り返すことによりパターン化された立体構造体も作成できる。このため、例えば単分子膜作成に用いた場合、これまで困難であった、個々の分子機能を発揮した分子素子を作成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の空間光パターン発生器を用いた微粒

子の配列制御装置を示す概略斜視図である。

【図2】この発明の空間光パターン発生器を用いた単分子膜の配列制御装置を示す概略断面図である。

【図3】光トラップ力・静電力・温度制御による複合化法を図2に適用した例を示す概略断面図である。

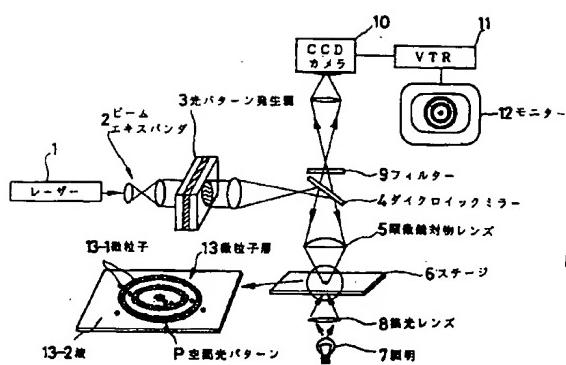
【図4】従来の單一微粒子の光トラップ原理図である。

【図5】従来の単分子膜作成のモデル図である。

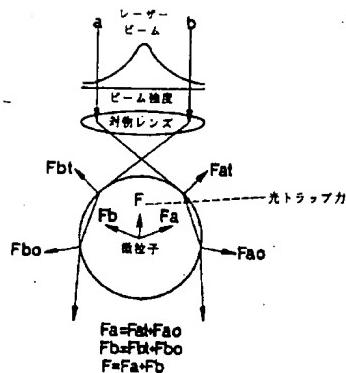
【符号の説明】

P	空間光パターン
10 1	レーザー
2	ビームエキスパンダ
3	光パターン発生器
4	ダイクロイックミラー
5	顕微鏡対物レンズ
6	ステージ
7	照明
8	集光レンズ
9	フィルター
10	CCDカメラ
20 11	VTR
12	モニター
13	微粒子層
13-1	微粒子
13-2	液
14	単分子
15	水槽
16	基板
17	可動バリヤー
18	表面圧力センサー
30 19	水銀ランプ
20	ダイクロイックミラー
21	SITカメラ
22	モーター
23	モーターコントローラー
24	コンピューター
25	フィルムバランスコントローラー
26	リフトコントローラー
30	微小電極
31	底部電極
32	恒温水槽
33	恒温水

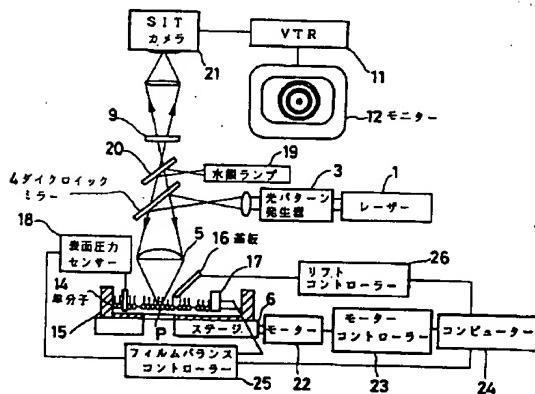
【図1】



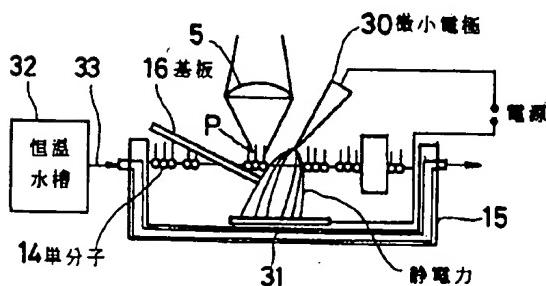
【図4】



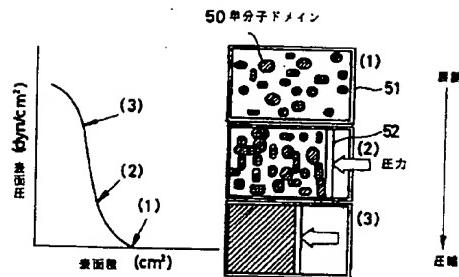
【図2】



【図3】



【図5】



JPAB

CLIPPEDIMAGE= JP406123886A

PAT-NO: JP406123886A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 06123886 A

TITLE: ARRAY CONTROL METHOD FOR PARTICULATE

PUBN-DATE: May 6, 1994

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

HIGURE, EIJI

UKITA, HIROO

MARUNO, TORU

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME COUNTRY

NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT> N/A

APPL-NO: JP04272748

APPL-DATE: October 12, 1992

INT-CL_(IPC): G02F001/1337; B01J019/00

ABSTRACT:

PURPOSE: To operate plural particulates such as single molecule at the same time and to selectively array and control the plural minute particulates in a two-dimensional space.

CONSTITUTION: The array control method for minute particulates consists of a process in which minute particulates 13-1 which are uniform or different in dimension, shape, and refractive index are layered, a process in which the layered minute particulates 13-1 are selectively arrayed in a surface by an optical trapping force based upon a space light pattern P from an light pattern generator 3 and a process in which a pattern array of the minute particulates in the surface is fixed by freezing of with a ultraviolet curing resin, etc.

The plural minute particulates move by the trapping force based upon the space light pattern whose light intensity is controlled in two dimensions and are operated at the same time and arrayed in optional pattern.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio